

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Куксгаузен И.В.. "Термоупругие мартенситные превращения и функциональные свойства в монокристаллах ферромагнитного сплава Co-Ni-Ga с наноразмерными частицами γ' - фазы", представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния

Исследование мартенситных превращений и разработка принципов создания новых высокопрочных функциональных сплавов, претерпевающих обратимые магнитоиндуцированные деформации, имеют важное научное и техническое значения. В качестве перспективных материалов в данной области исследования рассматриваются ферромагнитные сплавы системы Co-Ni-Ga, обладающие благоприятным сочетанием физико-механических (прочность, пластичность) и магнитных (большая намагниченность насыщения, высокая температура Кюри) свойств. Для более полной реализации возможностей рассматриваемых сплавов в качестве многофункциональных сплавов необходимы их дополнительные систематические структурные исследования и механические испытания, в том числе выполненные на монокристаллах, поскольку в поликристаллическом состоянии анализируемые сплавы обладают высокой хрупкостью. Использование монокристаллов в качестве материала исследования дает возможность избежать влияния границ на мартенситное превращение, позволяет выяснить ориентационную зависимость эффектов памяти формы и сверхэластичности, варьировать прочностные свойства высокотемпературной фазы без изменения химического состава и структуры сплава, управлять тонкой структурой дисперсионно упрочненных сплавов. В этой связи диссертационная работа И.В. Куксгаузен, посвященная изучению влияния ориентации кристалла и структурных параметров γ' -фазы на функциональные свойства монокристаллов сплава $\text{Co}_{49}\text{Ni}_{21}\text{Ga}_{30}$ (ат.%), является весьма актуальной. Автор диссертации, используя в качестве основного метода структурного анализа просвечивающую электронную микроскопию, а материала - монокристаллы сплава $\text{Co}_{49}\text{Ni}_{21}\text{Ga}_{30}$, выполнил весьма трудоемкое высококвалифицированное исследование, в результате которого были получены новые важные в научном и практическом отношениях результаты.

Электронно-микроскопическими исследованиями *in-situ* установлено, что в монокристаллах сплава $\text{Co}_{49}\text{Ni}_{21}\text{Ga}_{30}$ двойниковая структура $L1_0$ –мартенсита охлаждения и механизм взаимодействия кристаллов мартенсита зависят от формы и размера образовавшихся при старении частиц γ' -фазы. При равноосной форме частиц толщина двойников составляет 15-20 нм, что намного превышает диаметр частицы (3-5 нм). Вследствие этого частицы γ' -фазы располагаются внутри двойников $L1_0$ –мартенсита. При выделении 4-х вариантов неравноосных частиц γ' -фазы толщина двойников уменьшается до 3-4 нм и они становятся нанодвойниками. При образовании одного варианта частиц при старении под нагрузкой толщина двойников становится больше, чем в случае 4-х вариантов частиц. Изменение двойниковой структуры мартенсита в монокристаллах исследуемого сплава при выделении наноразмерных частиц второй фазы вызывает трансформацию соотношения между упругой и диссипативной энергиями. Старение монокристаллов сплава $\text{Co}_{49}\text{Ni}_{21}\text{Ga}_{30}$ снижает температуру начала его прямого мартенситного превращения на 200-250К не зависимо от объемной доли и размера частиц γ' -фазы. Дано объяснение этого эффекта.. Показано, что выделение частиц γ' -фазы в монокристаллах сплава $\text{Co}_{49}\text{Ni}_{21}\text{Ga}_{30}$ уменьшает величины ЭПФ и СЭ по сравнению с однофазным состоянием, что объяснено уменьшением объема материала, претерпевающего мартенситное превращение (вследствие выделения частиц) и подавления процесса раздвойникового мартенсита.. Ослабление ориентационной зависимости величин ЭПФ и СЭ у кристаллов с частицами по сравнению с закаленными кристаллами объяснено влиянием частиц на процессы зарождения мартенсита под

нагрузкой. Установлено, что наблюдаемое повышение температурного интервала СЭ в результате образования в исследуемом монокристаллическом сплаве наноразмерной γ' -фазы связано с дисперсионным упрочнением высокотемпературной фазы и подавлением ее локального течения при повышенных температурах испытания. Впервые обнаружен двойной ЭПФ в состаренном при 623К под сжимающей нагрузкой сплаве $\text{Co}_{49}\text{Ni}_{21}\text{Ga}_{30}$. Величина и знак двойного ЭПФ зависят от условий создания полей напряжений и ориентации кристалла. В работе получены также и другие новые важные результаты.

Замечания

1. Рассматривая влияние старения на структуру и механические свойства сплава $\text{Co}_{49}\text{Ni}_{21}\text{Ga}_{30}$, было бы полезно привести в реферате рекомендации по оптимизации структуры и режима термической обработки анализируемого функционального материала.
2. Методическая часть в автореферате (стр. 7) выглядит не полной, поскольку в ней отсутствуют данные об использованном оборудовании (например марки электронного микроскопа, калориметра), о методике подготовки образцов для электронно-микроскопического исследования (тип электролита, режим полирования и т.д.).

Сделанные замечания не изменяют высокой оценки диссертационной работы. Куксгаузен И.В. Считаю, что диссертация. И.В. Куксгаузен отвечает требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

Главный научный сотрудник лаборатории
физического металловедения ИФМ УрО РАН,
доктор технических наук

Л.Г.Коршунов



Подпись Коршунов
заверяю
Руководитель общего отдела
Лямина - Н.Ф.Лямина
"17" 11 2015г.

Коршунов Лев Георгиевич

Почтовый адрес – 620990 г. Екатеринбург, ул. Софьи Ковалевской, 18

телефон – (343) 378-37-38; адрес электронной почты – korshunov@imp.uran.ru

Наименование организации основного места работы -

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики металлов имени М.Н.Михеева Уральского отделения Российской академии наук ; сокращенное название организации – ИФМ УрО РАН

должность – главный научный сотрудник (гнс)

ученая степень – доктор технических наук

ученое звание – старший научный сотрудник